CDD 582.16
583.25

ANATOMIA COMPARADA DO LENHO DE QUATRO ESPÉCIES DE *GUAREA* ALLAMAND EX LINNAEUS DA ZONA DA MATA MINEIRA E DA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Maria Rohane de Lima[1]
Eldo Antônio Monteiro da Silva[2]
Antônio Lelis Pinheiro[3]
Pedro L. B. Lisboa[4]

RESUMO - O objetivo deste trabalho é caracterizar microscopicamente o lenho de quatro espécies de Guarea *Allamand ex Linnaeus (Meliaceae) da Zona da Mata mineira (*Guarea guidonia *(L.) Sleumer,* Guarea kunthiana *Adr. Jussieu,* Guarea pendula *Ramalho, Pinheiro et Pennington;* Guarea macrophylla *subsp.* tuberculata *(Vellozo) Pennington) e compará-lo com espécies que ocorrem na Amazônia brasileira (*G. guidonia, *G.* kunthiana *e* G. macrophylla, *sendo que esta última com a subespécie* pachycarpa *(C DeCandolle) Pennington. Foram examinadas amostras de madeiras obtidas de xilotecas de várias instituições de pesquisa do país, todas com material de herbário comprobatório registrado, cuja identificação taxonômica foi acatada. As observações anatômicas foram realizadas em cortes histológicos, obtidos segundo as técnicas usuais em anatomia da madeira. São apresentadas descrições das características anatômicas detalhadas do lenho de*

[1] Professor Assistente da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Av. Perimetral s/n, 66.040-170, Belém, Pará.

[2] Professor Titular da Universidade Federal de Viçosa, 36.570-000, Viçosa, MG.

[3] Professor Assistente da Universidade Federal de Viçosa, 36.570-000, Viçosa, MG.

[4] PR-MCT/CNPq. Museu Paraense Emílio Goeldi – Pesquisador Titular. Caixa Postal, 399. Cep 66040-170. Belém-PA.



cada uma das espécies e subespécies estudadas, bem como as comparações feitas entre indivíduos da mesma espécie, procedentes das diferentes regiões. Foi observada uma grande semelhança entre as espécies estudadas. Estas apresentam um padrão genérico bem definido, em termos de distribuição, arranjo e percentual das estruturas que compõem o xilema secundário. As variações encontradas são principalmente de caráter quantitativo e são comuns a todas as espécies e a todos os indivíduos observados. Não foram encontradas diferenças marcantes que caracterizassem individualmente as espécies ou subespécies estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: Anatomia de madeira, Madeiras tropicais, *Guarea* spp.

ABSTRACT - The purpose of this project was to characterize microscopically the wood from four species of Guarca *Allamand ex Linnaeus (Meliaceae), from the Atlantic Coastal Forest of Minas Gerais, Brazil [*G. guidonia *(L.) Sleumer,* G. kunthiana *Adr. Jussieu,* G. pcndula *Ramalho, Pinheiro et Pennington,* G. macrophylla *subsp.* tuberculata *(Vellozo) Pennington] and to compare it with samples from the Brazilian Amazon [*G. guidonia, G. kunthiana *and* G. macrophylla, *this last species being represented by the subspecies* pachycarpa *(C. DeCandolle) Pennington]. Wood samples from the collections of various research institutes were examined, all having herbarium voucher specimens with authoritative botanical identifications. Anatomical observations were made on histological sections made according to standard methodologies. Detailed anatomical descriptions are given of the xylem characteristics of each of the species and subspecies studied, as well as comparisons made among individuals of the same species that came from the two geographical regions. In all, a great similarity among the studied species was observed. These species present a generic pattern that is well defined, in terms of the distribution, arrangement and composition of the structures the make up the secondary xylem. The variation that was found is mostly of a quantitative nature and is common to all the species and individuals studied. No marked differences were detected that could be used to characterize any of the studied species or subspecies.*

KEY WORDS: Wood anatomy, Tropical woods, Meliaceae, *Guarea* spp.

INTRODUÇÃO

A família Meliaceae é predominantemente tropical (Girardi 1975) estando representada por oito gêneros nas florestas naturais da América do Sul: *Cabralea, Carapa, Cedrela, Eluttheri, Guarea, Swietenia, Ruagea e Trichilia* (Pennington 1981). Das 200 espécies do gênero, apenas, 23 ocorrem na Amazônia brasileira e 4 na Zona da Mata mineira (Pennington & Styles 1975).

Este estudo analisa as características anatômicas microscópicas das madeiras de quatro espécies do gênero *Guarea* Allamand ex Linnaeus, ocorrentes na Zona da Mata mineira e na Amazônia brasileira.

As espécies da Zona da Mata mineira são *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, *Guarea kunthiana* Adr. Jussieu, *Guarea pendula* Ramalho, Pinheiro et Pennington; *Guarea macrophylla* subsp. *tuberculata* (Vellozo) Pennington. As espécies *G. guidonia*, *G. kunthiana* e *G. macrophylla* também ocorrem na Amazônia, sendo que esta última com a subespécie. *pachycarpa* (C. de Candolle) Pennington. O objetivo é identificar quais das características microscópicas são de importância taxonômica, bem como utilizar os dados qualitativo e quantitativo da anatomia da madeira, para comparação entre as três espécies existentes nas duas regiões. O objetivo é fornecer informações para futuros estudos sobre filogenia, taxonomia, desenvolvimento e regeneração dessas espécies, como contribuição à utilização das espécies como matéria prima para fins econômicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

As amostras de madeira das quatro espécies do gênero *Guarea* estudadas têm material botânico registrado em herbário, cuja identificação foi aceita, sendo apenas trocados os nomes científicos pela sinonímia em uso, dada por Pennington (1981).



De cada espécie, foram estudados de um a três espécimes, de acordo com a disponibilidade de material, listados a seguir:

Guarea guidonia (L.) Sleumer

MINAS GERAIS: DENDw 2146l, Pedra do Anta-Entre Rios. Col. Antônio Lelis Pinheiro, em 02.01.84. Identificado por Humberto de S. Barreto, confirmado por T.D. Pennington. DEND 1847. PARÁ: IANw 2999, entre Estrcito e Marabá. Col. J. M. Pires e N. Rosa, 13.630, em 15.09.70. IAN-140.519 (*Guarea rusbigi*).

Guarea kunthiana Adr. Juss.

MINAS GERAIS: DENDw 2399l, Viçosa, Campo do Paraíso. Col. Antonio Lelis Pinheiro, em 02.01.84. Identificado por Humberto S. Barreiros, confirmado por T. D. Pennington. DEND 1846; AMAZONAS: MGw 1306l, Rio Negro, Rio Janapari, estirão Tacuera. Col. M. R. Santos, 52; em 18.02.1977. MG-55.573 (G. *grandifoliola* C. DC.).

Guarea pendula Ramalho, Pinheiro et Pennington. sp. nov.

MINAS GERAIS: DENDw 2398, Viçosa, Mata da Silvicultura, Universidade Federal de Viçosa. Col. Antônio Lelis Pinheiro, em 28.07.89, identificado por Antonio Lelis Pinheiro, confirmado por T. D. Pennington. DEND 1853.

Guarea macrophylla subsp. *pachycarpa* (C. DeCandolle) Pennington

PARÁ: MGw 3761, Fazenda Guaripé, a 22 km da Cidade de Tucuruí. Col. N. A. Rosa, 3675, em 27.05.1980. Solo úmido, mata virgem, árvore de 15 m de altura por 1 m. de circunferência, material estéril. MG-73.688 (*G. subsessiliflora* C.DC.); IANw 2991, Carajás,

Serra Buritirana, Rio Itacaiúnas. Col. J. M. Pires s/n, em agosto de 1970. IAN-129018 (*G. guedesii*); RONDÔNIA: MGw 39351, Estrada da Alvorada do Oeste - Costa Marques, km 90. Col. M.G. Silva, M.R. Santos, C.R. Silva, s/n, em 06.07.1983. Mata de terra-firme, inventário florestal. Número de registro de herbário não encontrado (*G. macrophylla* Vahl.);

Guarea macrophylla subsp. *tuberculata* (Vellozo) Pennington

MINAS GERAIS: DENDw 2148, Viçosa, Mata da Prefeitura. Col. Antônio Lelis Pinheiro, em 02.01.84. Identificado por Humberto S. Barreiro, confirmado por T.D. Pennington. DEND 1848.

As siglas das xilotecas que doaram o material para o estudo são: IANw - Instituto Agronômico do Norte (atual Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental/EMBRAPA), Belém-PA; DENDw - Setor de Dendrologia do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa; MG.MGw Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém-PA.

Métodos

Corpos de Prova

Foram preparados dois corpos de prova das espécies *Guarea guidonia* e *G. kunthiana* respectivamente, da região amazônica e da Zona da Mata mineira e três corpos de prova de *Guarea macrophylla* subsp. *pachicarpa* procedente da Amazônia. Com relação às espécies *Guarea macrophylla* subsp. *tuberculata* e *Guarea pendula* (tipo), estudou-se apenas um indivíduo, coletado na Zona da Mata mineira.

Cortes Histológicos

Os cortes histológicos foram confeccionados, obedecendo as técnicas padronizadas para a anatomia da madeira. Os corpos de prova foram



submetidos ao cozimento por aproximadamente 1 hora e 30 minutos e destes foram obtidos cortes histológicos, orientados nos planos transversal e longitudinal. Deste último, foram obtidos os cortes tangenciais e radiais, sempre utilizando um micrótomo de deslise.

Os cortes foram clarificados em hipoclorito de sódio a 1%, e corados em uma mistura hidroalcoólica de safranina e azul-de-astra; durante a passagem pela série alcoólica, para a desidratação alguns cortes foram conservados ao natural, para a observação de inclusões e obstruções celulares.

Material Macerado

Para a dissociação das células do xilema, o material foi macerado em uma solução de ácido acético glacial e peróxido de oxigênio a 120 vol., na proporção de 1:1, e submetido a uma temperatura de 60°C, durante 24 horas; em seguida, foi lavado em água corrente e corado com safranina. De cada indivíduo, foram montadas 15 lâminas temporárias, em glicerina e água (50%).

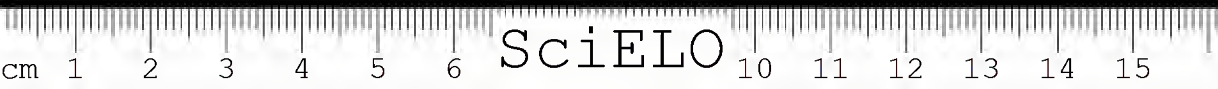
Contagens, Medições e Fotografias

Todas es estruturas foram contadas, mensuradas e fotografadas em microscópio Zeiss-Docuval, utilizando, para as medições, um tambor micrométrico.

Todas as medições (25 em média) e contagens foram feitas em 25 campos e, para todos os valores, foram obtidos média, valor máximo, valor mínimo, desvio padrão e o coeficiente de variação, segundo as normas recomendadas por Iawa Committee (1989).

Descrições

Todas as amostras foram descritas detalhadamente, de acordo com as normas recomendadas pela International Association of Wood Anatomists



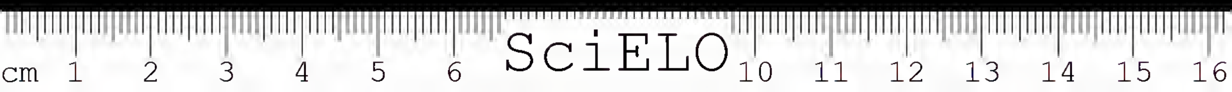
(IAWA Committee 1989). Para as observações de inclusões, como cristais, grãos semelhantes a amido e sílica, foi utilizada a luz polarizada.

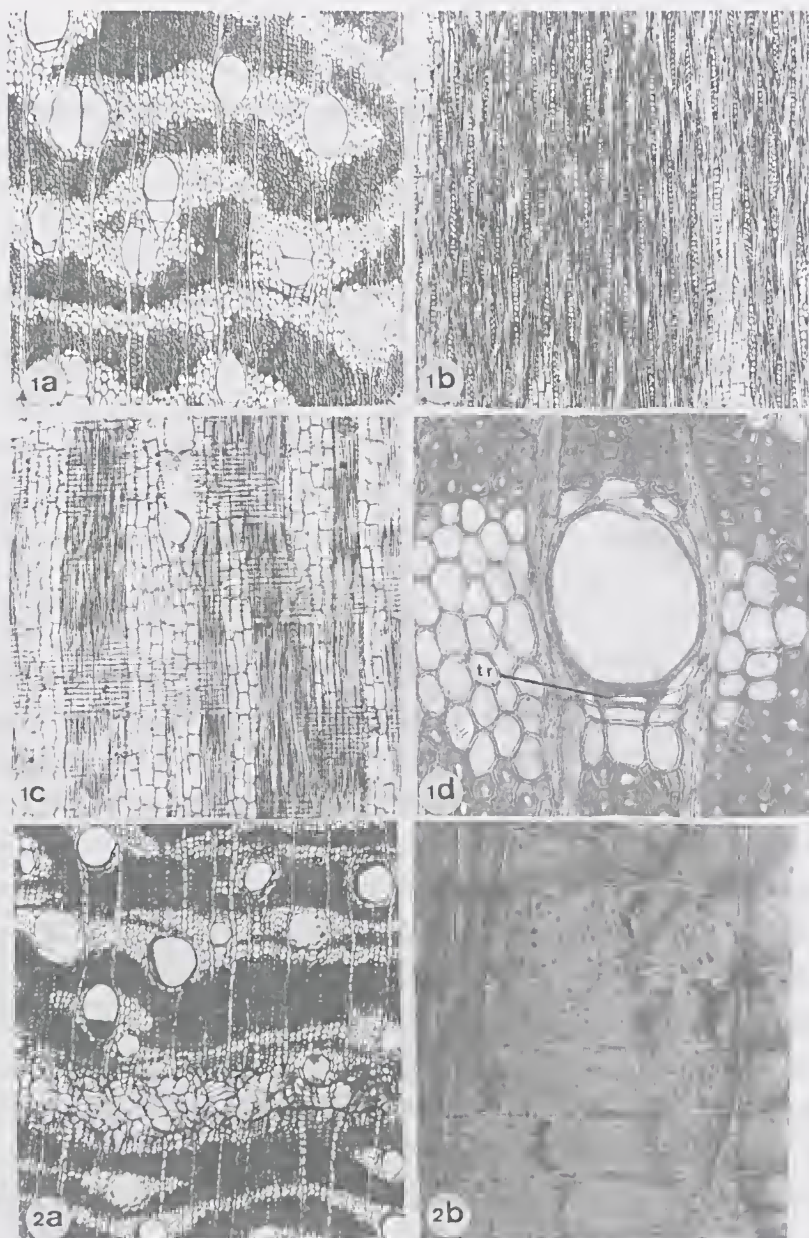
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Descrição anatômica do lenho das espécies de *Guarea* estudadas

Guarea guidonia

Vasos em distribuição difusa, pouco numerosos, em média 9/mm^2 (3-26), com 34% de solitários e 66% de múltiplos, em cadeia radial de 2-5 células, raros em grupamento dendrítico; os solitários apresentam a secção variando de oval a angular, vazios, pequenos a médios, com diâmetro igual a 128,8μm, em média (Figura 1a); placas de perfuração simples, predominantemente transversal nos vasos de maior diâmetro e inclinada nos vasos mais estreitos; pontoações intervasculares alternas, poligonais, todas diminutas (menor que 1mm); elementos vasculares, variando de curtos a extremamente longos, de comprimento médio igual a 761,7μm, esses geralmente pouco evidenciados, em virtude do pequeno comprimento em uma ou ambas as extremidades (Figuras 3f, g). *Parênquima* axial paratraqueal aliforme confluente, chegando a formar faixas com mais de três células, em alguns pontos (Figura 1a), do tipo seriado com 3-8 células por série. *Raios* não-estratificados, em média 12/mm, 34% são unisseriados e 66% são bisseriados, do tipo misto, com porções unisseriadas e porções bisseriadas, (Figura 1b), homocelulares, de células procumbentes, na maioria, havendo, porém, alguns heterocelulares, com células quadradas nas extremidades, todos com menos de 1 mm de altura, sendo que os unisseriados têm, em média, 276,9μm de comprimento e os bisseriados, 397,3μm; o comprimento em número de células desses mesmos raios varia de 5-23 células nos unisseriados e 6-36 células nos bisseriados; pontoações raio-vasculares semelhantes às intervasculares, ou seja, alternas e diminutas.





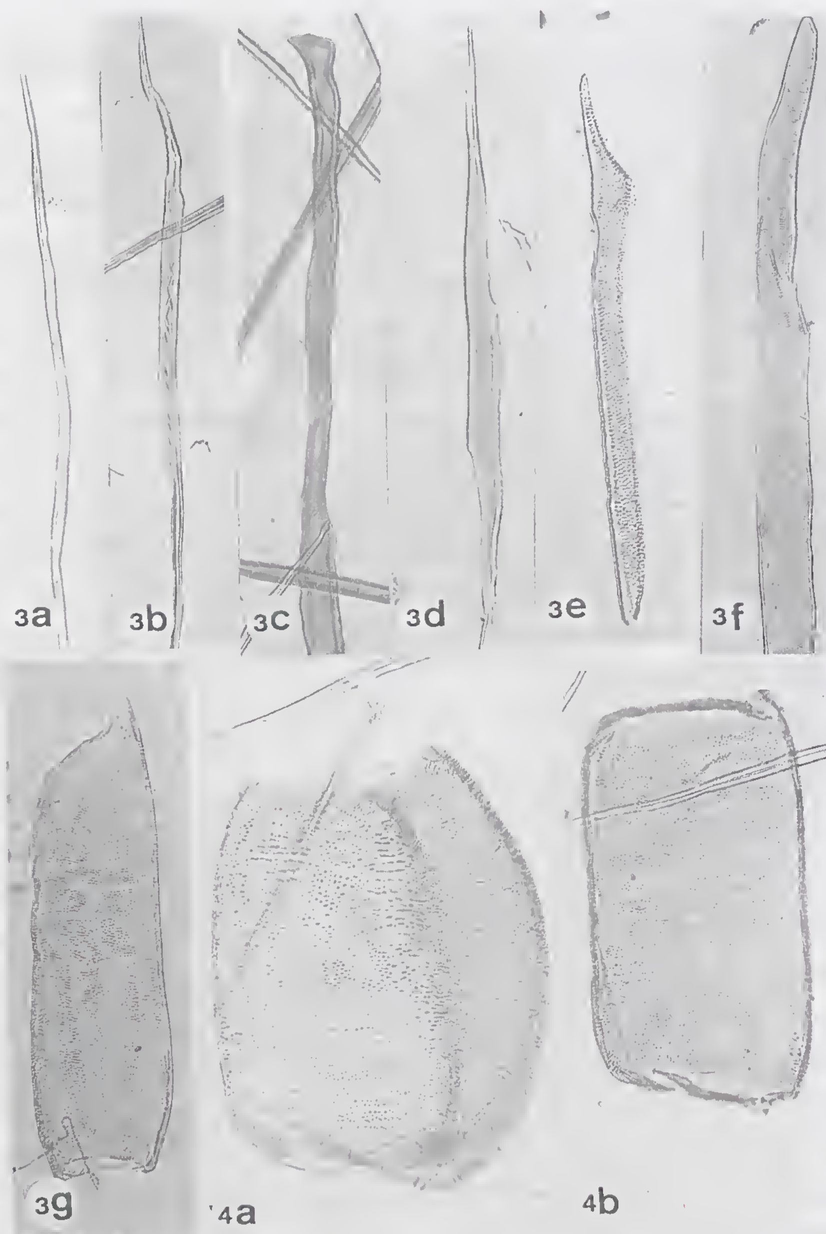
Figuras 1-2: 1) *Guarea guidonia*: 1a. corte transversal (50x); 1b. corte tangencial (50x); 1c. corte radial (50x); 1d. corte transversal destacando traqueóide vascular/tr (130x). 2) *Guarea kunthiana*: 2a. corte transversal (50x); 2b. corte radial destacando pontuações radio-vasculares (420x).

Fibras, na maioria, não-septadas, com comprimento médio igual a 1773,8μm, parede sempre mais espessa (em média 0,7μm) que o lume (0,9μm, em média) e diâmetro médio igual a 2,3μm. *Fibrotraqueídes* presentes, com comprimento médio igual a 1321,0μm, distinguíveis das fibras por apresentarem-se um pouco mais curtos, menos fusiformes; a espessura das paredes tem, em média, 0,7μm, sendo que o diâmetro do lume apresenta-se, em média, com 2,5μm e o diâmetro médio total é igual a 3,9μm. São mais difíceis de distinguir das fibras do que nas outras espécies, podendo ser interpretados como fibras mais delgadas. *Traqueóides vasculares* presentes em proporções variadas (Figura 3c) entre os indivíduos observados, que podem ser apenas terminações de vasos. *Cristais* prismáticos presentes em células septadas do parênquima axial, formando poucas fileiras de tamanhos variados (2-15 cristais por fileira); no espécime de procedência amazônica, são encontrados em menor quantidade.

Guarea kunthiana

Vasos solitários (20%) e múltiplos (80%), em grupamento radial de 2-4 células, muito raros em grupos dendríticos, distribuídos de maneira difusa (Figura 2a), poucos a numerosos, apresentando, em média, 9/mm^2 (4-17/mm^2); os solitários, com secção transversal de oval à angular, com diâmetro tangencial médio igual a 127,3μm, vão de extremamente pequenos a médios; placas de perfuração simples, transversal nos mais largos e oblíqua nos mais estreitos; elementos de vaso de comprimento médio igual a 530,7μm, de um apêndice a outro, portanto, variando de muito curtos a muito longos (Figura 4b); pontoações intervasculares alternas e escalariformes no mesmo elemento de vaso, sendo que, na maioria, são apenas alternas poligonais, diminutas, todas com menos de 1mm de diâmetro. *Parênquima* axial paratraqueal aliforme confluente, com presença de raros aliformes não-confluentes (Figura 2a), de aletas que variam de estreitas a mais largas; do tipo seriado com 3-8 células por série,





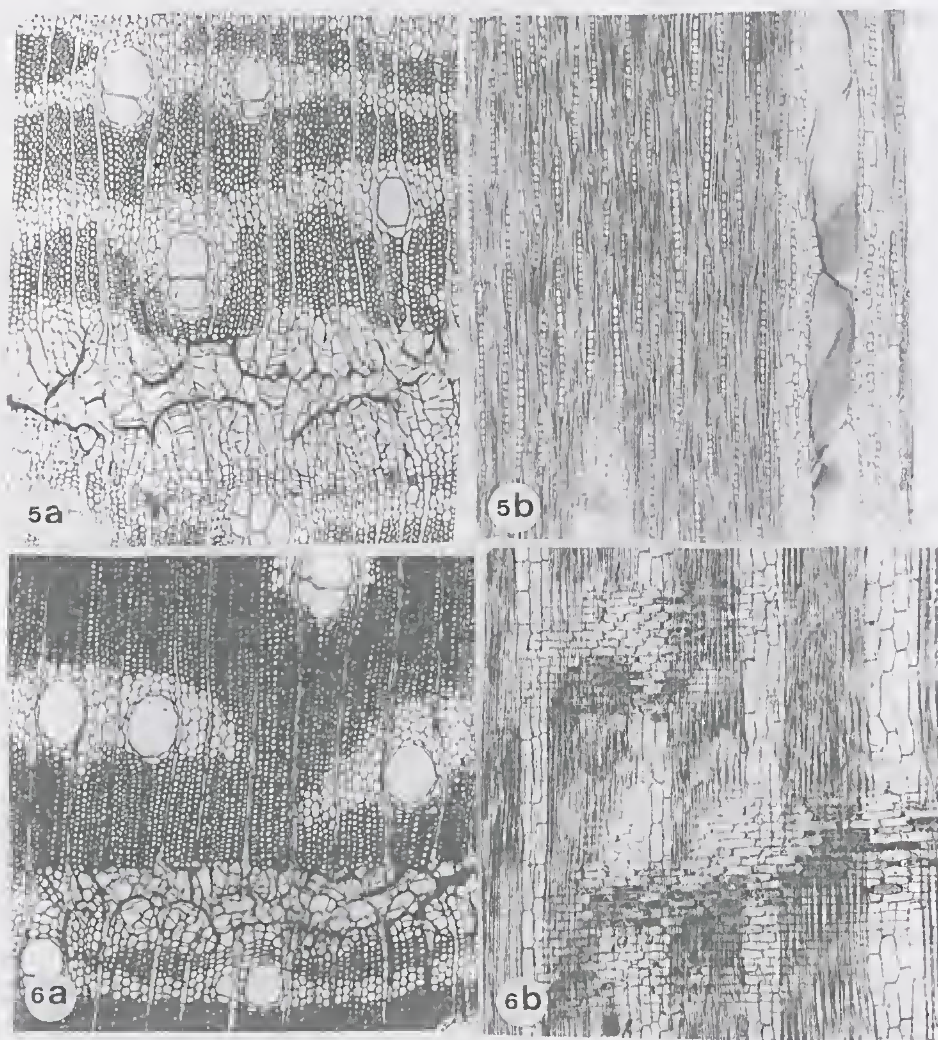
Figuras 3-4: 3) *Guarea guidonia*, material macerado: 3a. fibra libriforme (300x); 3b. fibra libriforme com pontuações areoladas (300x); 3c-3d. fibrotraqueídes (342); 4) *Guarea kunthiana*, material macerado: 4a-4b. elementos de vaso largos (342x).

em média quatro por série. *Raios* não-estratificados, 70% de unisseriados e 30% de bisseriados, chegando a 90% em um dos indivíduos observados, homogêneos, de células procumbentes, todos com menos de 1 mm de altura, sendo que a média está em 338,5μm de altura para os unisseriados e 169,7μm, para os bisseriados, a altura, em número de células, varia de 3-30 células por raio, numerosos, em média 10 raios/mm linear; pontoações raiovasculares (Figura 2b) também alternas e diminutas como as intervasculares. *Fibras* predominantemente não-septadas, sendo muito raras as septadas, com presença de poucas e minúsculas pontoações areoladas, havendo, também, fibras com pontoações simples, com média igual a 1434,4μm de comprimento; apresentando lume com diâmetro médio igual a 0,9μm e parede com espessura média de 0,7μm. *Fibrotraqueídes* presentes, com comprimento médio igual a 607,2μm, apesar de difíceis de distinguir das fibras, são mais curtos e mais delgados que aquelas, com o lume ocupando até 80% do diâmetro total da estrutura, com média igual a 2,0μm, espessura média da parede igual a 0,5μm e diâmetro total médio igual a 3,0μm. *Traqueóides* presentes ou ausentes e podem ser vasculares ou apenas terminações de vasos. *Cristais* prismáticos raros em células septadas do parênquima axial. *Máculas medulares* presentes.

Guarea macrophylla subsp. *tuberculata*

Vasos em distribuição difusa, com 22% de solitários e 78% de múltiplos, em grupamento radial de 2-4 células e alguns grupos dendríticos com até cinco células; secção transversal, variando de pouco angular à perfeitamente oval, vazios (Figura 5a); variando de pequenos a médios, com diâmetro tangencial médio igual a 122,3μm; pouco numerosos a numerosos (4-18/mm^2), em média 8/mm^2; elementos vasculares, variando de curtos a muito longo, com comprimento médio igual a 727,9μm; de apêndices curtos e bem-formados, ou ausentes nos elementos de vaso de





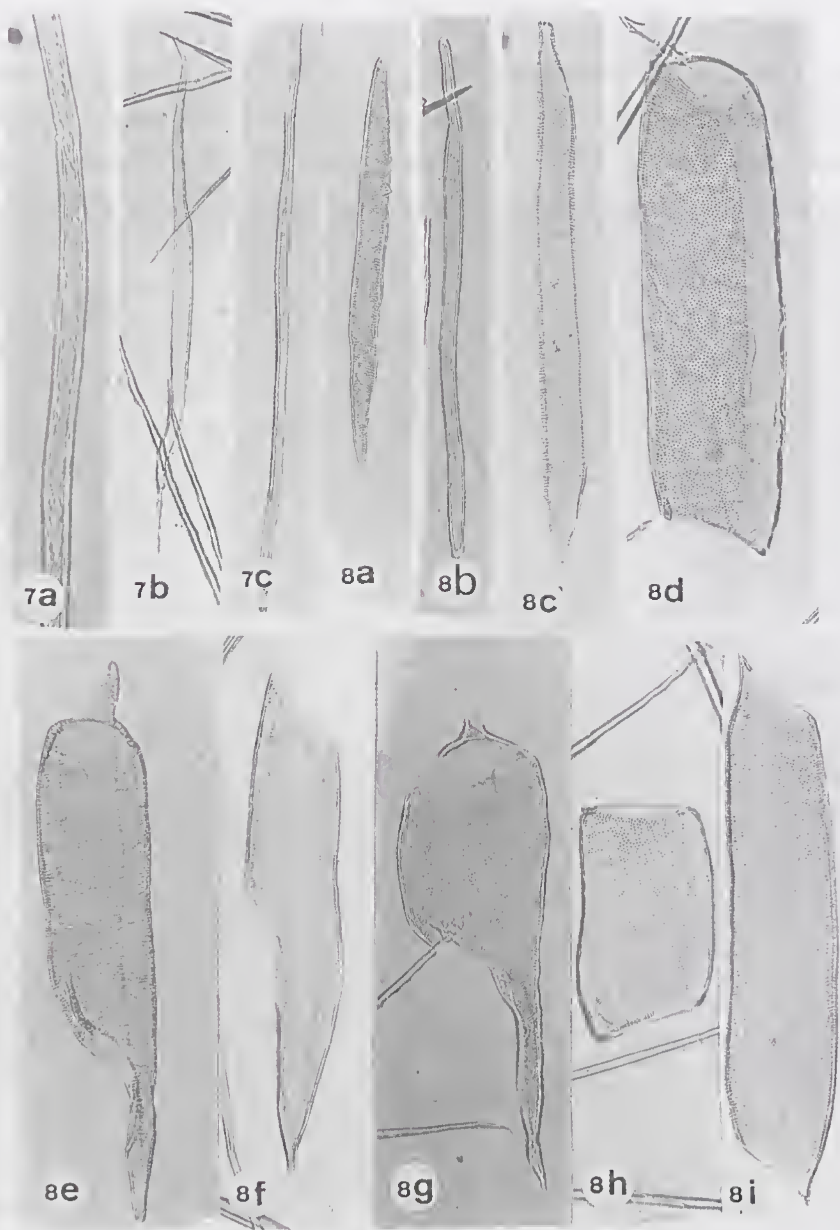
Figuras 5-6: 5) *Guarea macrophylla* subsp. *tuberculata*: 5a. corte transversal com mácula medular (50x); 5b. corte tangencial (50x); 6) *Guarea macrophylla* subsp. *pachycarpa*: 6a. corte transversal com mácula medular (50x); 6b. corte radial (50x).

maior diâmetro, ou confundindo-se com a inclinação das placas de perfuração dos elementos de vaso mais estreitos. Pontoações intervasculares areoladas alternas, de forma poligonal diminutas, todas com menos de 1μm de diâmetro, alguns poucos elementos de vaso apresentam pontoações alternas e escalariformes. *Parênquima* axial paratraqueal aliforme confluente (Figura 5a), do tipo seriado, com 5-10 células por séric (em média 7 células). *Raios* não-estratificados, em média 11/mm linear (8-14/mm), em maioria heterogêneos com células quadradas nas extremidades c procumbentes em todo o corpo do raio e alguns homogêneos constituídos apenas de células procumbcntes, quase exclusivamcnte unisseriados (89%), sendo muito raros os bisseriados (11%), todos com porções unisseriadas, na maioria baixos, quase todos com menos de 1mm de altura, é raro os bisseriados apresentarem altura acima de 1 mm, tendo, portanto, altura média de 490,9μm para os unisseriados e 533,8μm de altura média para os bisseriados; pontoações raio-vasculares iguais às intervasculares, diminutas, alternas e poligonais. *Fibras* septadas, na maioria, com comprimento médio de 1598,4μm, de paredes com espessura média igual a 0,7μm e abertura de lume igual a 0,7μm. *Fibrotraqueídes* presentes, alguns muito semelhante às fibras, porém um pouco mais curtos, outros apresentando espessamento espiralado na parede celular (Figuras 7a, b); em média 1395,2μm de comprimento, c mais delgados com parede igual a 0,6μm e lume com 1,8μm, sendo o diâmetro total, em média, de 3,0μm. *Cristais* prismáticos em células septadas do parênquima axial, com poucas filciras dc 2-10 cristais. *Máculas medulares* presentes.

Guarea macrophylla subsp. *pachycarpa*

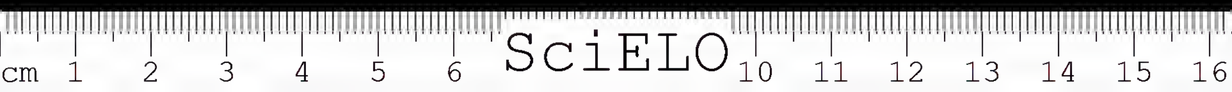
Vasos solitários (Figura 6a), correspondendo a 37% do total por mm^2 e 63% dc múltiplos, em grupamento radial, alguns em grupamento dendrítico, com 2-4 células por grupo, em distribuição difusa, pequenos a médios, com diâmetro tangencial médio de 138,7μm, vazios, com placas





Figuras 7-8: 7) *Guarea macrophylla* subsp. *tuberculata*, material macerado: 7a. fibrotraqueíde com espessamento espiralado (430x); 7b. fibrotraqueíde (342x); 7c. fibra libriforme (342x); 8) *Guarea macrophylla* subsp. *pachycarpa*: 8a. traqueóide (342x); 8b. fibrotraqueíde (342x); 8e-8i. elementos de vaso de dimensões variadas (342x).

de perfuração do tipo simples, perpendiculares nos elementos de vaso mais largos e oblíquas nos mais estreitos, apêndices curtos e bem-formados, ou ausentes, em uma ou em ambas as extremidades do elemento vascular, ou confundindo-se com a inclinação da parede terminal dos elementos mais estreitos (Figura 8c); o comprimento médio dos elementos de vaso é igual a 625,0μm; pontoações intervasculares areoladas, diminutas, alternas e escalariformes no mesmo elemento de vaso, também ocorrendo apenas alternas de forma poligonal. *Parênquima* axial paratraqueal confluente de aletas finas a médias (Figura 6a) do tipo seriado, com 4-8 células por série. *Raios*, em média, 11/mm linear, com 47% de unisseriados e 53% de bisseriados, não-estratificados, com menos de 1mm de altura, na maioria, tendo como altura média 172,9μm para os unisseriados e 454,7μm para os bisseriados e a altura em número de células varia de 3-51 e 5-52 células por altura, respectivamente; homocelulares de células procumbentes (Figura 6b), na maioria, com raros heterocelulares, formados por células quadradas nas extremidades e procumbentes no corpo do raio; pontoações raiovasculares alternas não-poligonais, porém diminutas como as intervasculares; em um dos indivíduos, foram encontrados corpúsculos semelhantes a grãos de sílica nas células dos raios, pois não apresentaram birrefrigência em luz polarizada, e em outros, as células dos raios apresentaram conteúdo de aspecto óleo-resinoso. *Fibras* septadas e não-septadas de igual predominância, com pontoações simples e areoladas presentes e comprimento médio igual a 1551,5μm, paredes variando de médias a espessas, chegando a alcançar o dobro do volume ocupado pelo lume, espessura média igual a 0,7μm, enquanto a largura média do lume é de 0,7μm, conferindo um diâmetro total médio de 2,2μm. *Fibrotraqueídes* também difíceis de distinguir das fibras, com o lume (2,0μm) mais largo que a espessura das paredes (0,5μm), dando um diâmetro total médio igual a 2,0mm; mais curto que as fibras, comprimento médio igual a 865,5μm. *Traqueóides* presentes em pequena quantidade, não se caracterizando como vasicêntricos nem como vasculares, provavelmente sejam tampões



terminais de vasos. *Cristais* prismáticos em células septadas do parênquima axial, de raros a abundantes, formando fileiras de 3-30 cristais. *Máculas medulares* presentes em todos os indivíduos observados.

Guarea pendula

Vasos de secção oval a angular, em distribuição difusa, de poucos a numerosos (5-21/mm^2), em média 11/mm^2, com 41% de solitários e 59% de múltiplos em grupamento radial de 2-5 células, predominando os múltiplos de duas células (Figura 9a), havendo, também, os agrupados em padrão dendrítico; vazios, de muito pequenos a médios, com diâmetro médio igual a 100,0mm; placas de perfuração simples, transversal nos elementos de vaso de maior diâmetro, tornando-se inclinada nos mais estreitos; os elementos de vaso variam de muito curtos a muito longos, com média igual a 621,8μm de comprimento, de apêndices muito curtos e bem-definidos até ausentes nos elementos vasculares mais largos (Figura 9g), sendo que nos mais estreitos se confundem com a inclinação das placas de perfuração; pontoações intervasculares areoladas, diminutas, alternas e escalariformes, ocorrendo no mesmo vaso, ou apenas alternas de forma poligonal. *Parênquima* axial paratraqueal aliforme confluente, com rara ocorrência de aliformes não-confluentes (Figura 9a), do tipo seriado com 4-8 células por série, em média com cinco células por série. *Raios* não-estratificados, em média 11/mm linear, predominantemente unisseriados (87%), com ocorrência de poucos mistos com porções unisseriadas e bisseriadas (13%), homocelulares, na maioria, com ocorrência de heterocelulares no mesmo indivíduo (Figura 9b); todos com menos de 1mm de altura, em média 404,3mm para os unisseriados e 425,8μm para os bisseriados, a altura em número de células varia de 6-27 células por raio; pontoações raio-vasculares semelhantes às intervasculares, alternas, poligonais e diminutas. Fibras não-septadas, sendo muito raras as septadas, com comprimento médio igual a 1518,4μm, de paredes



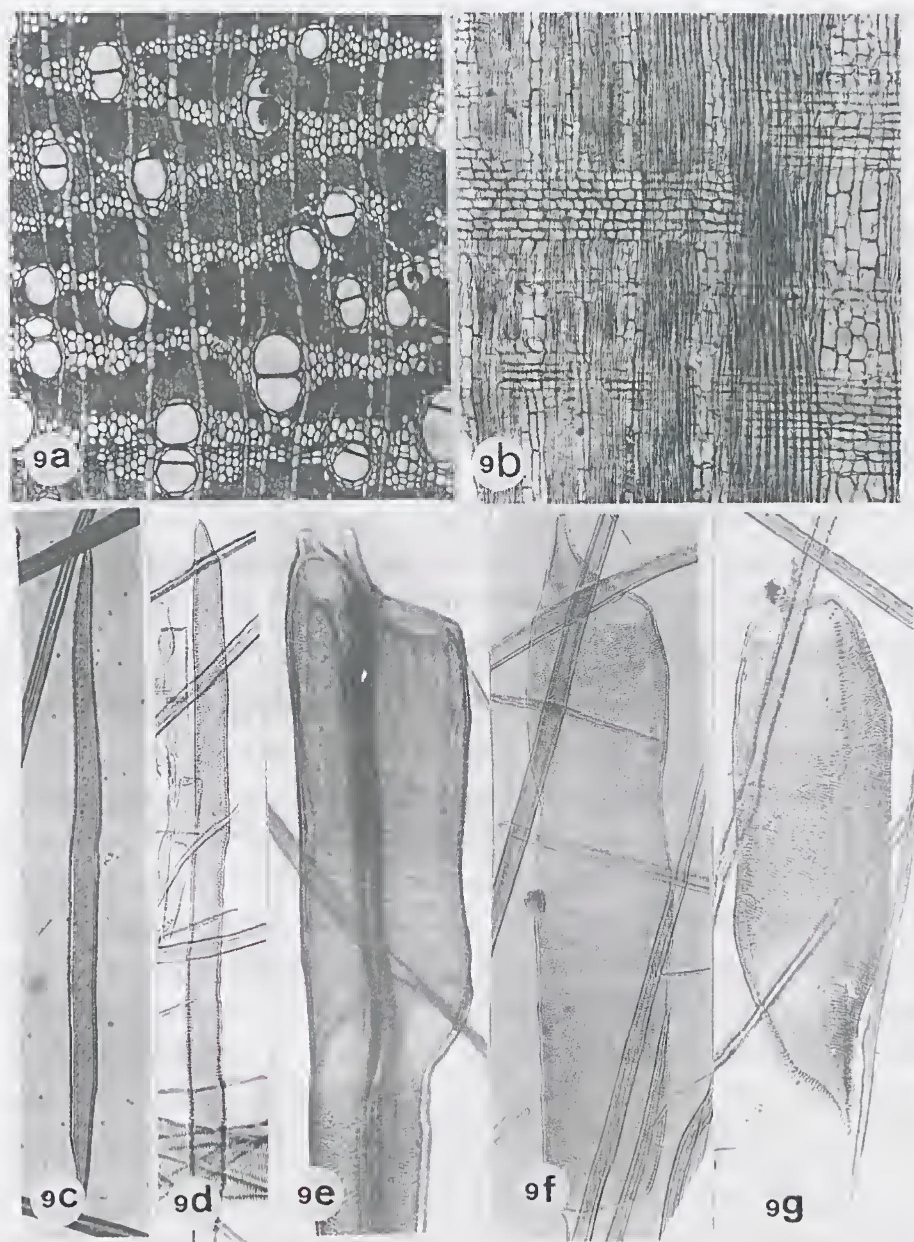


Figura 9: *Guarea pendula*: a. corte transversal (50x); b. corte radial (50x); c. fibrotraqueíde (342x); d. traqueóide (342); e-g. elementos de vaso de dimensões variadas.

cm 1 2 3 4 5 6 SciELO 10 11 12 13 14 15 16

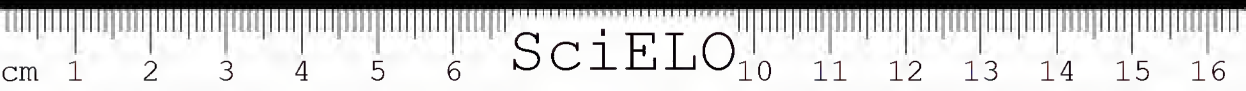
espessas (1,8μm, em média) e lume estreito (em média 0,3μm de largura). Fibrotraqueídes presentes, distinguíveis das fibras por se apresentarem mais curtos, menos fusiformes, com paredes mais delgadas, sendo a média da espessura igual a 1,5μm e lumes mais largos com média igual a 1,7μm. Traqueóides presentes, podendo ser do tipo vascular ou apenas como terminações de vasos. Cristais prismáticos em células septadas do parênquima axial, abundantes e formando longas fileiras (10-45 cristais, por fileira). Máculas medulares não encontradas.

Considerações sobre a estrutura anatômica do lenho das espécies estudadas

As espécies analisadas neste estudo apresentam um remarcado grau de similaridade, o que torna a identificação do gênero facilitada na observação macroscópica de caracteres como porosidade, grupamento e arranjo de vasos, distribuição de parênquima axial e raios.

Na análise microscópica os vasos, geralmente têm distribuição difusa, de contorno tangencial, variando de oval à angular, com ocorrência de solitários e múltiplos, predominando os múltiplos, em grupamento radial de 2-5 células por grupo, principalmente em *G. kunthiana* e *G. macrophylla* subsp. *tuberculata*, que apresentam o maior número de vasos múltiplos/mm^2 (Tabela 1). Quanto ao diâmetro tangencial, os vasos variam de pequenos a médios, sendo que o mínimo foi registrado em um indivíduo de *G. kunthiana*, coletado na Zona da Mata mineira, e o máximo em *G. guidonia*, coletada na região amazônica. A freqüência varia de poucos a numerosos, sendo *G. macrophylla* subsp. *pachycarpa* com menor freqüência e *G. pendula*, com maior freqüência de vasos/mm^2.

O comprimento dos elementos de vaso varia de muito curto a extremamente longo e essa variação ocorre, inclusive, dentro do mesmo indivíduo, o que confere à maioria dos espécimes observados um alto desvio padrão entre os valores obtidos. As placas de perfuração são do tipo



simples, em todos os indivíduos analisados, com inclinação que varia de oblíqua a perpendicular, independente da espécie ou procedência; o mesmo se dá com as pontoações das paredes laterais dos vasos que são do tipo alternas, podendo, ou não, apresentarem forma poligonal e, às vezes, alternas e escalariformes no mesmo elemento de vaso, o que parece, também, não estar relacionado com a espécie e, ou, procedência. As observações a respeito da porosidade e dos vasos, em geral, confirma o descrito por Metcalfe & Chalk (1957), quanto às características da anatomia da madeira da família Meliaceae, e o descrito por Kribs (1930), a respeito do gênero *Guarea*.

Tabela 1 - Caracteres diferenciais dos elementos de vaso, raios, fibras e fibrotraqueídes nas espécies de *Guarea* (Elem. de vaso = elemento de vaso; Freq. = frequência; Sol = solitários; Mult. = múltiplos; Diam. = diâmetro; Uniss. = unisseriados; Biss. = bisseriados; Fibrotraq. = fibrotraqueídes; Comp. = comprimento; 1. *G. macrophylla* subsp. *tuberculata*; 2. *G. macrophylla* subsp. *pachycarpa*).

	Elem. de Vaso					Raios			Fibras	Fibrot
Espécies	**Freq.**	**Sol.**	**Mult.**	**Comp.**	**Diamet.**	**Freq.**	**Uniss.**	**Biss.**	**Comp.**	**Comp.**
	mm²	(%)	(%)	µm	µm	mm2	(%)	(%)	µm	µm
G. guidonia	3(9)26	34	66	761,7	128,8	8(12)15	34	66	1773,8	1321,0
G. kunthiana	4(9)17	20	80	530,7	127,3	6(10)15	70	30	1434,4	607,2
*G. macrophylla*1	2(6)14	37	63	625	138,7	7(11)19	87	53	1551,5	865,5
*G. macrophylla*2	4(8)18	22	78	727,9	122,3	8(11)14	47	11	1598,4	1395,2
G. pendula	5(11)21	41	59	621,8	100,0	7(11)24	89	13	1518,4	685,2

O parênquima axial tem distribuição muito uniforme, sempre paratraqueal aliforme confluente, em todos os espécimes observados, com aletas que variam de muito estreitas (2-3 células de largura) até bem mais largas (mais de cinco células na largura); seriado, em todos os indivíduos, com 3-8 células por série. Presença de cristais prismáticos em células septadas do parênquima axial, formando cadeias curtas (2-6 cristais por



cadeia) ou longas (10-42 cristais, por cadeia), exceto em *G. kunthiana*, onde são completamente ausentes no espécime da Zona da Mata e muito raros no indivíduo da mesma espécie coletado na Amazônia.

Os raios não são estratificados, com quantidade média por espécie variando de 10-12 raios/mm (Tabela 1), em todos os indivíduos observados, uni e bisseriados, sendo que a maioria dos bisseriados apresentam porções unisseriadas no centro ou nas extremidades; nos indivíduos coletados na Zona da Mata mineira, as espécies *G. pendula* e *G. macrophylla* subsp. *tuberculata* foram as que apresentaram menor quantidade de raios bisseriados por milímetro linear. Dentre os de origem amazônica, apenas *G. kunthiana* pode ser considerada de raios exclusivamente unisseriados, pois estes foram registrados apenas como 9% do total de raios, porém a mesma espécie coletada na Zona da Mata mineira apresenta 35% do total de raios como bisseriados e 65% de raios unisseriados. Quanto à altura, em média, todas as espécies estudadas apresentam raios com menos de 1 milímetro e em todas as espécies a altura média dos bisseriados é maior que a dos unisseriados, exceto em *G. kunthiana*, onde o quadro se inverte, em virtude da escassez de raios bisseriados no indivíduo de procedência amazônica. Em todas as espécies, predomina o tipo homogêneo, formado de células procumbentes; somente *G. pendula* e *G. guidonia* apresentam alguns raios heterogêneos, com células quadradas apenas na fileira das margens, embora, no mesmo indivíduo, predomine o tipo homogêneo. As pontoações raio-vasculares são semelhantes às intervasculares, ou seja, minúsculas e alternas, em todos os indivíduos e em todas as espécies estudadas. Em *G. macrophylla* subsp. *pachycarpa*, dois indivíduos apresentam corpos semelhantes a grãos de sílica inclusos nas células dos raios e um indivíduo apresenta impregnação de conteúdo com aspecto óleo-resinoso.

As fibras libriformes apresentam-se septadas ou não, predominando as não-septadas, exceto em um indivíduo de *G. macrophylla* subsp. *pachycarpa* e em *G. macrophylla* subsp. *tuberculata*, onde a situação se



inverte, havendo a dominância de fibras septadas sobre as não-septadas. O comprimento varia de médio a longo (Tabela 1). A parede, na maioria das vezes é mais espessa que o lume. As pontoações da parede das fibras são do tipo simples e areoladas, embora muito escassas e minúsculas.

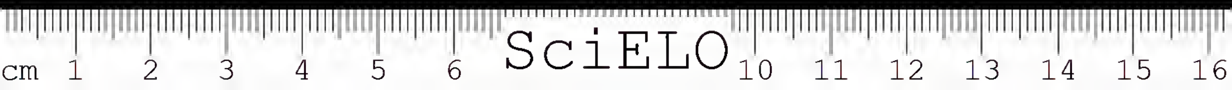
Os fibrotraqueídes estão presentes em todos os indivíduos observados, sendo dificilmente distinguíveis das fibras, pois muitas destas podem apresentar pontoações areoladas e minúsculas; talvez seja por isso que Kribs (1930) e Metcalfe & Chalk (1957) refiram-se a fibras com pontoações areoladas e nunca à presença de fibrotraqueídes. Quanto ao comprimento, esses são mais curtos que as fibras (Tabela 1), têm paredes da mesma espessura que estas, ou mais delgadas, mas o diâmetro do lume predomina sobre a espessura das paredes. Em *G. guidonia*, os fibrotraqueídes são ainda mais difíceis de distinguir das fibras, têm, em média, o mesmo comprimento, porém não diferem muito em diâmetro, e a relação parede-lume é a mesma das fibras, o que permite que sejam interpretados como fibras mais delgadas.

Foi verificada a presença de traqueóides em todas as espécies e indivíduos analisados, variando muito a quantidade de indivíduo para indivíduo, exceto em *G. macrophylla* subsp. *tuberculata*, em que não foram encontrados no material macerado.

Em todas as espécies observadas, foram registradas máculas medulares em pelo menos um indivíduo, independente da procedência; apenas em *G. pendula*, não houve nenhum registro, mas, apesar da amostra desta ser de apenas um indivíduo, esta era procedente de material *tipo*.

Considerações sobre a anatomia das espécies estudadas em relação com as diferentes procedências

Neste estudo verificou-se que não há alterações significativas na anatomia da madeira dos indivíduos das duas regiões. As diferenças apresentam pouca ou nenhuma interferência no padrão microscópico do

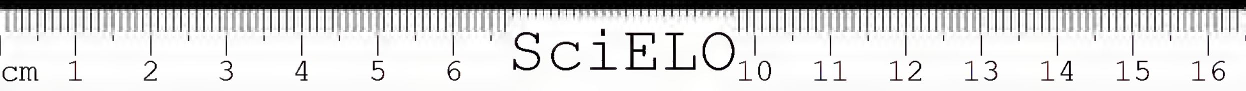


gênero, que é determinado muito mais pela herança do que influenciado pelo ambiente.

Existem evidências experimentais de que num único estoque genético oriundo de dois locais diferentes, os grupamentos de vaso são maiores onde o ambiente é mais seco (Bissing 1982). Porém, a manutenção do padrão genérico micróscopico se repete ao se analisar a quantidade de vasos/mm^2, por região e pela média nas espécies estudadas. Todas apresentam um percentual de vasos múltiplos maior que de vasos solitários (Figura 10). A quantidadc total dc vasos/mm^2, por espécic, varia de 6,3 - 12 vasos/mm^2. Nas cspécies coletadas na Zona da Mata, essa quantidade varia de 7,6 - 11,6 e, para as de procedência amazônica, a variação é de 6,3-12,4 vasos/mm^2. A maior média de vasos por mm^2 foi obtida em *G. guidonia*, procedente da Amazônia, igual a 12 vasos/mm^2 (Figura 11), porém, a diferença desta para o indivíduo da mesma espécic, coletado na Zona da Mata mineira, consiste, basicamente, na quantidadc de vasos múltiplos, já que na quantidade de vasos solitários, a variação é mínima. *G. kunthiana* também aprcsenta uma pequena variação na quantidade de total de vasos/mm^2, porém, a variação ocorre tanto em solitários quanto em múltiplos, ou scja, o indivíduo coletado na Zona da Mata é mais poroso que o indivíduo coletado na Amazônia. *G. macrophylla* subsp. *tuberculata*, da Zona da Mata mineira, apresentou maior quantidade de vasos/mm^2 que *G. macrophylla* subsp. *pachycarpa*, sendo que o maior aumento foi observado, também, na quantidade de vasos múltiplos.

Pesquisando o efeito de fatores ecológicos sobre as características dos vasos, Baas *et al.* (1983) constataram quc a presença de mais de 80% de vasos múltiplos é uma característica comum entre espécies de ambientes áridos, principalmente cntre as de hábito arbustivo.

Carlquist (1988) diz quc vasos múltiplos em grupamento radial, pelo menos tcoricamente, oferecem ao sistema dc condução o rccurso de formar novas rotas de condução, no caso de falência do vaso inicialmente formado.



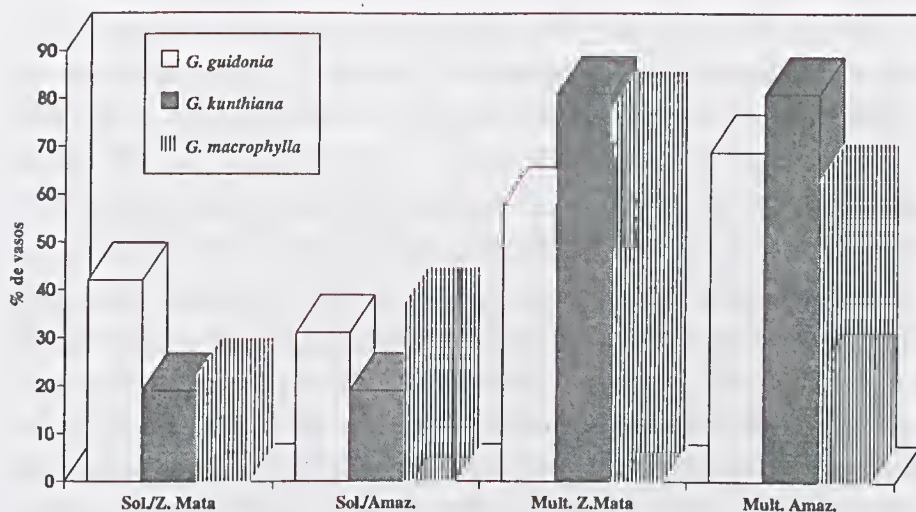


Figura 10 - Ocorrência (%) de vasos solitários (sol.) e múltiplos (mult.) em amostras de *Guarea* da Zona da Mata Mineira (Z. Mata) e Amazônia (Amaz).

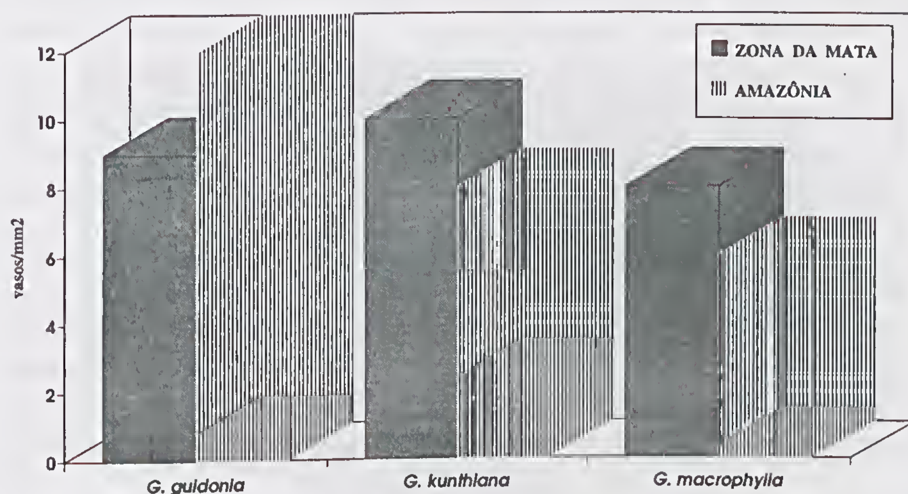


Figura 11 - Freqüência média de vasos por milímetro quadrado (mm^2) nas amostras de *Guarea* da Zona da Mata Mineira e da Amazônia.

cm 1 2 3 4 5 6 SciELO 10 11 12 13 14 15 16

No caso de *Guarea*, como se pode perceber, há realmente uma pequena variação, tanto no número de vaso/mm^2, quanto na proporção solitários e múltiplos, que parece ocorrer muito mais de indivíduo para indivíduo que de região para região; o padrão genérico com maior quantidade de vasos múltiplos do que solitários é mantido e os pequenos aumentos que ocorrem, parecem que independem da procedência.

Quanto ao diâmetro tangencial dos vasos, entre os indivíduos procedentes da Amazônia, há mais uniformidade do que entre os indivíduos da Zona da Mata, sendo os primeiros, em média, um pouco maior que os últimos (Figura 12). Entre os espécimes de origem amazônica, as diferenças existentes são muito poucas (130,7-138,8μm) e mesmo entre os indivíduos da Zona da Mata mineira, nos quais a uniformidade é menor, a diferença não parece significante (100,0-122,2μm); os mais estreitos foram encontrados em *G. pendula* e os mais largos, em *G. macrophylla* subsp. *tuberculata*. Comparando o diâmetro tangencial médio das espécies estudadas, sem considerar a procedência, o maior diâmetro foi registrado em *G. macrophylla* subsp. *pachycarpa* e o menor, registrado em *G. pendula*.

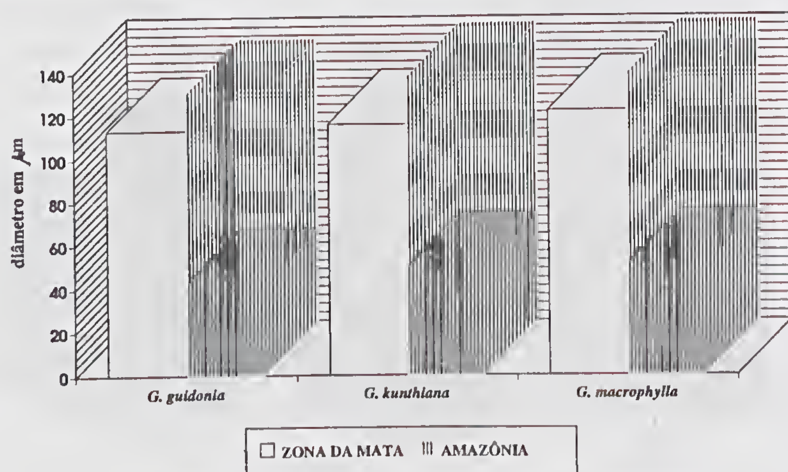


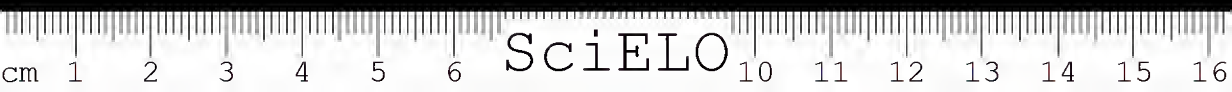
Figura 12 - Diâmetro (μm) dos vasos nas amostras de Guarea da Zona da Mata Mineira e da Amazônia.

Bissing (1982) diz que a dimensão dos vasos está sensivelmente relacionada com a ecologia e que embora existam componentes fortemente herdáveis, existe, também, uma grande margem para a plasticidade fenotípica.

Nas espécies abordadas por este estudo, pode-se perceber uma grande variação do diâmetro de vasos dentro da mesma amostra, mas percebe-se, também, uma uniformidade entre os valores das médias entre os indivíduos, de onde se pode deduzir que mesmo a variação encontrada no diâmetro dos vasos dentro de cada amostra é a mesma para todas as amostras, ou seja, todos os indivíduos e todas as espécies observadas apresentam a mesma variação interna, no que diz respeito ao diâmetro dos vasos, independente da região em que foram coletadas.

O comprimento dos elementos de vaso varia mais de uma espécie para outra, do que de região para região (Figura 13). Em ambas as regiões, *G. guidonia* apresenta o maior comprimento para os elementos de vaso e *G. kunthiana*, o menor comprimento. Entre as subespécies *G. macrophylla* subsp.*tuberculata* e *G. macrophylla* subsp. *pachycarpa*, a diferença é mais acentuada, sendo que os mais longos foram registrados em *G. macrophylla* subsp. *tuberculata*. O que determina o comprimento dos elementos de vaso são as iniciais cambiais fusiformes e o crescimento intrusivo (apesar de ser bem menor nos elementos de vaso, do que nos elementos inperfurados que os acompanham), que ocorrem durante a maturação das células derivadas (Carlquist 1988). Tal fato leva a deduzir que o comprimento dos elementos de vaso está sujeito às pressões ambientais exercidas sobre o processo de diferenciação celular. Mesmo estando sujeito a variações provocadas pelo meio ambiente, a herança e o aspecto evolutivo podem ser mais determinantes do comprimento do elemento de vaso que a possível plasticidade fenotípica (Carlquist 1988).

Os raios, quanto à freqüência, apresentam variações bem maiores do que os vasos. Não existe um padrão de uniformidade bem-definido (Figura 14). A maioria dos indivíduos ocorrentes na Zona da Mata



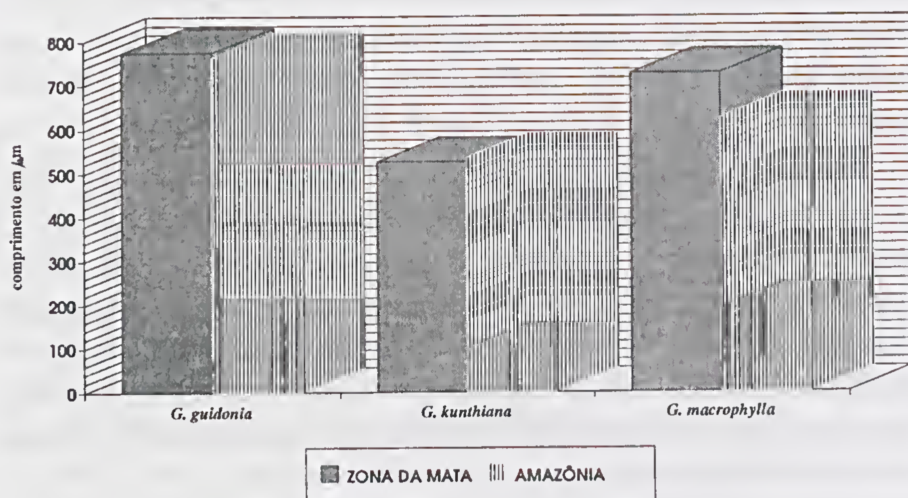


Figura 13 - Comprimento (μm) médio dos elementos de vaso em amostras da Zona da Mata Mineira e Amazônia.

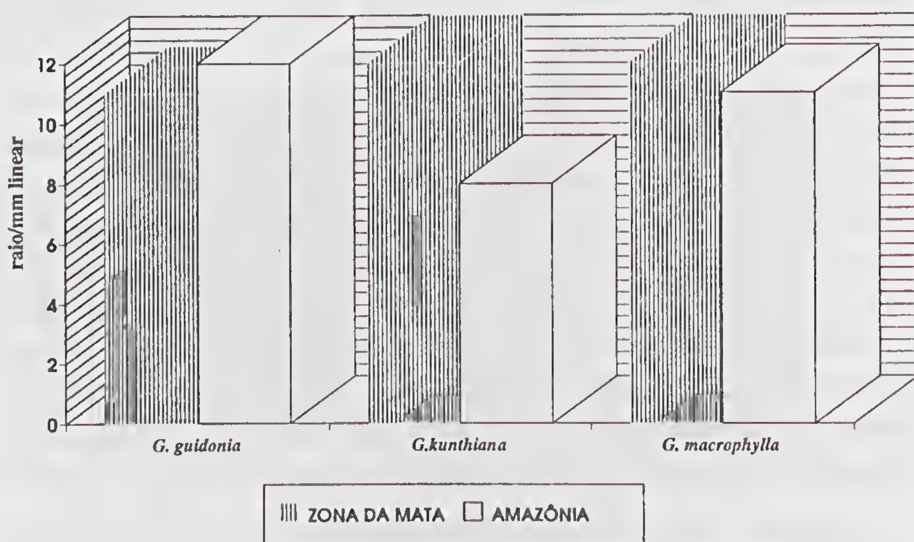


Figura 14 - Freqüência de raios por milímetro linear nas amostras de Guarea da Zona da Mata Mineira e da Amazônia.

apresenta maior quantidade de raios unisseriados do que de raios bisseriados, apenas em *G. guidonia* a situação se inverte. Na região amazônica, apenas *G. kunthiana* se assemelha às procedentes da Zona da Mata, que apresentam mais raios unisseriados do que bisseriados.

No que diz respeito à quantidade de raios/mm e ao percentual de unisseriados e bisseriados, *G. guidonia* não difere de uma região para outra e se assemelha mais à *G. macrophylla* subsp. *pachycarpa* do que à *G. macrophylla* subsp. *tuberculata* (Figura 15).

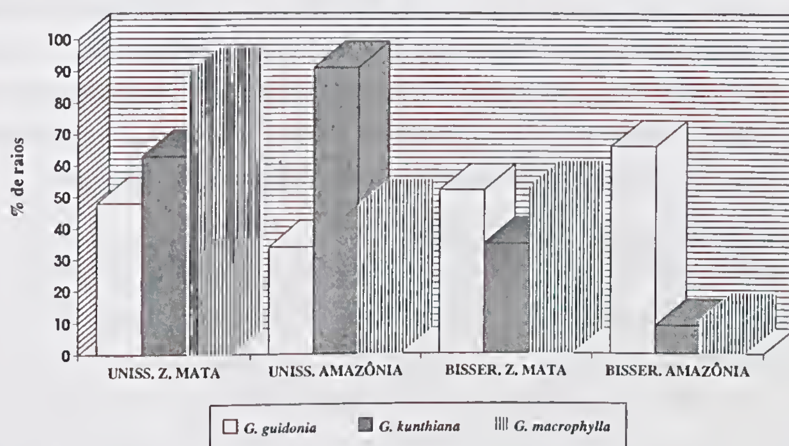


Figura 15 - Ocorrência (%) de raios unisseriados (uniss.) e bisseriados (bisser.) nas amostras de *Guarea* da Zona da Mata Mineira e da Amazônia.

As espécies estudadas apresentam raios bisseriados mais altos que os unisseriados, exceto *G. pendula*, em que a situação se inverte. Em *G. kunthiana*, a diferença é muito pequena; o espécime dessa espécie coletado na região amazônica foi considerado possuidor de raios exclusivamente unisseriados, pois a quantidade raios bisseriados encontrada nesse indivíduo (9%) é insuficiente para a amostragem preestabelecida (Iawa Committee 1989). Os indivíduos da Zona da Mata apresentam raios mais altos que os indivíduos procedentes da Amazônia, porém, comparando a altura de raios uni e bisseriados, estes últimos são bem mais

altos que os unisseriados nos indivíduos procedentes da Amazônia. Quanto à altura em número de células, a comparação entre uni e bisseriados se repete, com a ressalva de que, na Zona da Mata as células são menores e em maior número que na Amazônia. Mais uma vez, por não se ter dados seguros e completos sobre a procedência das amostras, as interpretações a respeito das variações existentes, entre os raios nos indivíduos e nas espécies, ficam prejudicadas, principalmente por serem os raios muito sujeitos ao pedomorfismo. Para uma análise mais segura, é necessário conhecer, rigorosamente, a localização da amostra na árvore, pois, segundo Carlquist (1988), os raios variam em dimensões, composição celular e até em tipos, de acordo com a localização da amostra (se da raiz, de galhos, com a altura no tronco, se mais próxima ou mais distante da medula), consistindo um sensível indicador de pedomorfismo.

Os fibrotraqueídes apresentam uma variação de comprimento muito maior que as fibras, tanto de espécie para espécie, como de região para região. *G. guidonia* tem as fibras e os fibrotraqueídes mais difíceis de distinguir um dos outros e, na Amazônia, praticamente, não diferem no que diz respeito ao comprimento. Na Zona da Mata, a diferença é bem perceptível, pois os fibrotraqueídes têm comprimento inferior a 1000μm. Outra espécie que apresenta fibrotraqueídes com comprimento acima de 1000μm é *G. macrophylla* subsp. *tuberculata*, de ocorrência exclusiva na Zona da Mata, e a diferença de comprimento com as fibras é muito pequena (pouco mais que 200μm). A espécie que menos difere no comprimento, tanto de fibras quanto de fibrotraqueídes, de uma região para a outra, é *G. kunthiana*; vale lembrar que em *G. macrophylla*, além das diferenças de procedência, tratam-se de subespécies diferentes.

A diferença básica entre fibras e fibrotraqueídes reside na espessura da parede celular. Na Amazônia, todas as espécies têm fibras muito densas de parede sempre mais espessa que o espaço ocupado pelo lume, principalmente em *G. guidonia*, em que a espessura da parede ultrapassa o diâmetro do lume em mais de 50%.

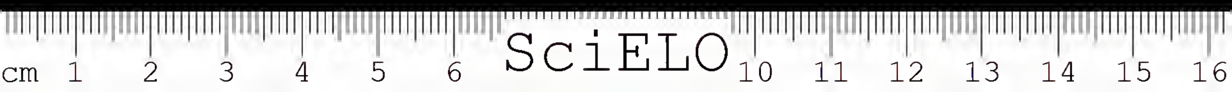


Como já foi mencionado anteriormente, a diferença básica entre fibras e fibrotraqueídes, observada neste estudo, consiste no comprimento (fibras são mais longas) e na relação parede-lume, em que o diâmetro total pouco varia, porém, os fibrotraqueídes têm paredes mais delgadas e os lumes são mais amplos do que nas fibras. Em *G. guidonia*, em que a situação é menos definida, apesar da dúvida, tem-se o seguinte quadro: a) na Amazônia, não existe diferença entre o comprimento desses elementos, porém o lume é sempre maior que a porção ocupada pelas paredes no diâmetro, que foi definida como fibrotraqueídes; b) na Zona da Mata, onde as fibras têm quase o dobro do comprimento dos fibrotraqueídes, as paredes dessas são mais espessas que o espaço ocupado pelo lume. Como os fibrotraqueídes são formas de transição entre traqueóides e fibras libriformes (Carlquist 1988), vale registrar sua presença, considerando a eficiência e a segurança no processo de condução, já mencionadas anteriormente como valor adaptativo; Carlquist (1984) afirma que tais estruturas, mesmo não sendo próprias para a condução, podem funcionar como um sistema condutor subsidiário para um desvio do fluxo, no caso de falência de vasos solitários ou agrupados, para um outro vaso ou grupo de vasos nas proximidades. Nesse mesmo trabalho, o autor considera parte da família Meliaceae como portadora de fibras e parte como portadora de fibrotraqueídes.

CONCLUSÕES

Para um estudo sobre as condições ecológicas das espécies, é necessário uma quantidade maior de material, que permita um número maior de repetições, com amostras de procedência, condições pedológicas e climáticas do local de coleta bem-definidas.

- O lenho de *Guarea* é muito semelhante entre as espécies estudadas, obedecendo um padrão genérico muito bem-definido, em termos de porcentagem, distribuição e arranjo de tecidos e estruturas que o compõem.



- As variações nas dimensões de determinados tipos de células são comuns a todas as espécies e os indivíduos analisados, levando a um valor médio bem-uniforme entre os indivíduos e mesmo entre as espécies.

- Não foram encontradas diferenças marcantes que caracterizem, individualmente, nenhuma das espécies ou subespécie apresentadas. As diferenças encontradas podem ser atribuídas muito mais a características individuais do que específicas ou mesmo regionais.

- O lenho das espécies de *Guarea*, abordadas neste trabalho, apresenta estruturas bem-especializadas, associadas a estruturas em transição, como os fibrotraqueídes, os quais parecem estar correlacionados com a manutenção de um sistema condutivo eficiente e seguro, para a sobrevivência dessas espécies em regiões de climas bem variados, como as regiões tropicais e subtropicais do planeta.

AGRADECIMENTOS

À Diretoria da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará e ao corpo docente da Universidade Federal de Viçosa, em especial aos professores Eldo Antônio Monteiro da Silva (orientador da tese que originou este trabalho); Moacyr Maestri, Antônio Lelis Pinheiro e Fernando Henrique A. Vale, pelas idéias, sugestões e correções; Rosy Mary Isaías, pelo auxílio nas medições, cálculo das porcentagens de tecidos; sugestões e correções do texto; à professora Aristéa Alves Azevêdo, correções e sugestões; aos funcionários do Setor de Dendrologia da mesma universidade, em especial ao Sr. Arlindo Rodrigues e ao Sr. Fernando, pelo preparo do material para estudos anatômicos; Assíria Nóbrega, pela ajuda na descrição do material; à Carmen Regina Marcati, pelo empréstimo de literatura.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAAS, P.; WERKER, E. & FAHN, A. 1983. Some ecological trends in vessel characters. *IAWA Bull.*, Nova Sér., 4(2/3):141-59.

CARLQUIST, S. 1984. Vessel grouping in dicotyledon wood: significance and relationship to imperforate tracheary elements. *Aliso* 10(4):505-25.

CARLQUIST, S. 1988. *Comparative Wood Anatomy. Systematic, ecological, and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Wood*. Berlin, Springer-Verlag, 1988. (Springer series in wood science)

GIRARDI, A.M. 1975. Meliaceae. *Bol. Inst. Cient. Biocienc.*, Sér. Bot., 33(33):1-64.

IAWA COMMITTEE. 1989. IAWA List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull.*, Nova Sér., 10(3):234-332.

KRIBS, D.A. 1930. Comparative anatomy of the woods of the Meliaceae. Am. J. Bot., 17:724-38

LAWRENCE, G.H.M. 1951. *Taxonomy of vascular plants*. New York, MacMillan, 823 p.

METCALFE, C.R. & CHALK, L. 1957. *Anatomy of the dicotyledons*. v. 1. Oxford, Claredon Press.

METCALFE, C.R. & CHALK, L. 1983. *Anatomy of the dicotyledons*. v. 2. 2. ed. Oxford, Claredon Press., 297 p.

PENNINGTON, T.D. & STYLES, B.T. 1975. A generic monograph of the Meliaceae. *Blumea*, 22:419-540.

PENNINGTON, T.D. Flora neotropic. monograph. 1981. *N. Y. Bot. Gdn.*, (28):1-470.

